

ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ В СКЛАДНИХ УМОВАХ ОСВІТЛЕНOSTІ

П. В. Бакмаєв^{1, a}, В. М. Степаненко¹

¹ Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
Фізико-технічний інститут

Анотація

У даній роботі розглянуто задачу покращення якості відеоспостереження в складних умовах освітленості. Розроблено алгоритм, в основу якого була взята попіксельна обробка. Пропонований алгоритм умовно розділений на два основних етапи – підготовка і обробка. В ході підготовчого етапу формуються дані, необхідні для виконання злиття і формування карти хроматичних компонентів колірної моделі YUV. На етапі обробки формується поліпшене візуальне зображення з адаптивним налаштуванням коефіцієнтів. Експериментальні дослідження показали доцільність використання пропонованого алгоритму.

Ключові слова: попіксельне злиття, інфрачервоне зображення, візуальне зображення, LWIR, NIR, Retinex

Вступ

Різні організації дуже часто використовують цифрові системи охоронного відеоспостереження. Однак в більшості випадків застосування таких систем обмежується установкою звичайних відеокамер для спостереження оператором за тим, що відбувається. При цьому дані з камер можуть відображатися на безлічі моніторів. При організації відеоспостереження з використанням традиційних камер оператора доводиться стикатися з проблемою поганої видимості об'єкта, що спостерігається в силу поганого освітлення і погодних умов.

В останні роки зростає популярність інфрачервоних камер, що дозволяють фіксувати різницю теплової енергії у спостережуваного об'єкта і сцени. Інфрачервоні відеодані в системах відеоспостереження зазвичай представляються як відтінки сірого, що створює контраст між об'єктами і їх фоном. Однак це не завжди зручно для оператора.

Об'єднання даних, отриманих за допомогою інфрачервоної (IR) і традиційної (RGB) камер, дозволить отримати інформацію, яку не можна було б отримати шляхом перегляду даних окремо [1]. Для цієї мети можуть застосовуватися різні методи злиття інфрачервоних і візуальних зображень. Характеристики інфрачервоних зображень і область їх застосування визначаються типом камер.

1. Підходи до злиття інфрачервоних і видимих зображень

Методи злиття інфрачервоних і видимих зображень можна розділити на три великих класи, що залежать від рівня об'єкту, з яким вони працюють:

пікселі зображення, характерні особливості зображення, конкретні об'єкти зображення.

Злиття на основі пікселів – це нижній рівень обробки зображень, на якому відбувається злиття фізичних параметрів вихідних зображень. Найбільш відомими підходами піксельного злиття зображень є алгоритми простого усереднення, усереднення з ваговими коефіцієнтами (α -blend), метод перенесення хроматичних характеристик (color transfer) та інші.

Наступний рівень обробки вхідних зображень – злиття на основі характерних особливостей. На даному рівні зіставляються ключові особливості кожного з вхідних зображень. Такий підхід дає кращі результати злиття, ніж обробка на піксельному рівні, але вимагає попередньої підготовки використовуваних даних.

Злиття на основі виділення об'єктів на зображенні – найвищий рівень обробки. На даному рівні відбувається ідентифікація об'єктів індивідуально для кожного з вхідних зображень. Отримана інформація комбінується і використовується для точного розпізнавання спостережуваних об'єктів.

2. Методи попіксельного злиття інфрачервоних і видимих зображень

Найбільш простим методом злиття зображень є злиття на основі складання даних. Так, яскравість результуючого зображення може бути отримана як середньоарифметичне значення інфрачервоних (IR) і візуальних (RGB) даних. Розширенням цього методу є використання вагових коефіцієнтів, які будуть визначати внесок вихідних зображень при виконанні злиття. Такий метод іноді називають α -змішуванням (α -blend). Істотним недоліком цього методу є зниження контрасту при виконанні злиття. Так, якщо одне з зображень має область з рівномірною яскра-

^arhyme@i.ua

вістю або низьким контрастом, в результаті злиття буде вирівнюватися контраст в цій області на результуючому зображенні. Найбільш часто використовуваний алгоритм для об'єднання візуальних (RGB) і інфрачервоних зображень ґрунтується на використанні колірної моделі HSI. До цієї моделі наводиться RGB-зображення, потім його яскравості складова замінюється яскравістю з NIR-зображення. Даний підхід дозволяє об'єднувати зображення з великою швидкістю, але має деякі недоліки. Темні пікселі NIR-зображення можуть не бути такими на RGB-зображенні, тоді при простій заміні яркостей у результуючому зображенні знижується інтенсивність кольорів пікселів або вони просто стають чорними.

Ця проблема частково вирішується залученням насиченості і яскравості компоненти RGB-зображення. Однак сформовані таким способом зображення будуть відображати рослинність (чагарники, дерева і т.д.) в неприродних кольорах.

Метод головних компонент (PCA – principal component analysis) дозволяє обчислити компактний опис набору даних. Він зводиться до обчислення власних векторів і власних значень коваріаційної матриці вхідних даних.

3. Пропонований алгоритм

Оскільки в системах відеоспостереження одним із значущих чинників є швидкість обробки, в основу пропонованого алгоритму взята попиксельна обробка. Так, для поліпшення візуальної якості відеопослідовності з використанням інфрачервоних даних пропонується алгоритм, узагальнена схема якого представлена на рисунку 1.

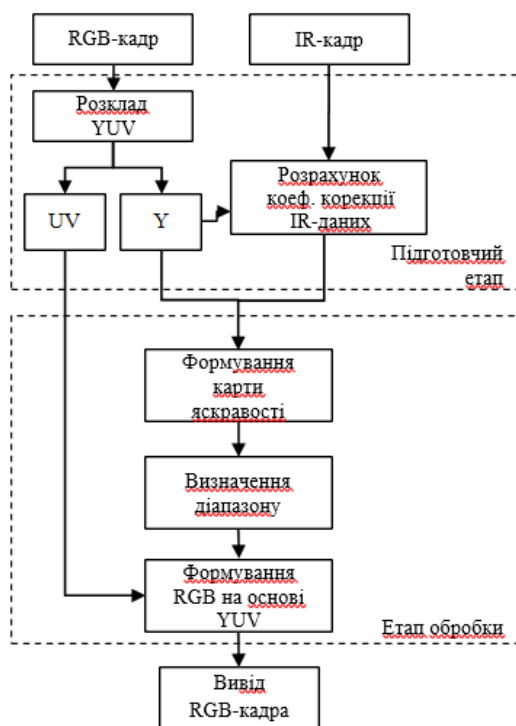


Рис. 1. Загальна схема алгоритму

Умовно цей алгоритм можна розділити на два основних етапи – підготовчий етап і етап обробки. На підготовчому етапі формуються дані, необхідні для виконання злиття, а на етапі обробки формується поліпшене візуальне зображення.

На самому початку підготовчого етапу при зчитуванні зображень кадрів формуються гістограми яскравості HistRGB візуального ряду і HistIR для даних інфрачервоної зйомки і одночасно розраховуються значення середньої яскравості AvgIRGB і AvgIIR.

При цьому паралельно з формуванням гістограм яскравості візуального ряду відбувається генерація карт хроматичних компонент і карти яскравості з використанням колірної моделі YUV.

Попіксьельне злиття з урахуванням вагових коефіцієнтів дозволяє поліпшити візуальну якість, однак, якщо зображення сильно відрізняються за яскравістю, можна спостерігати затемнення або ж, навпаки, освітлення ділянок зображення, а також зниження рівня контрастності. Важливим фактором є і тип інфрачервоного зображення. В умовах недостатньої освітленості середня яскравість інфрачервоного зображення LWIR частіше менша, ніж у візуального ряду, а у зображень NIR і SWIR більша.

Після завершення підготовчого етапу формується карта яскравості шляхом попиксельного злиття на основі вагових коефіцієнтів. У пропонованому алгоритмі злиття здійснюється в залежності від яскравості пікселя RGB-зображення і скоригованого значення яскравості інфрачервоного зображення. При цьому вагові коефіцієнти для кожного зображення в кожному пікселі обчислюються динамічно і враховуються такі показники, як різниця яскравості пікселя у зображень і насиченість пікселя RGB-зображення.

Безпосереднє формування покращення зображення здійснюється на основі перекладу значень колірної моделі YUV в RGB. При цьому використовується нове значення яскравості компоненти і від оригінального зображення береться карта хроматичних даних.

4. Порівняння з існуючими рішеннями

Пропонований адаптивний алгоритм порівнювався з алгоритмами корекції Retinex [2]. Додатково проведено порівняння з широко поширеними методами попиксельного злиття на основі обчислення середнього і максимального значень, а також використання статично заданих зважених коефіцієнтів (α -blend). Для інфрачервоних зображень NIR здійснено порівняння з методом злиття, що використовують колірну модель HSI.

Зображення на рисунку 2 взято з набору KAIST set07 V002.seq, дані якого були отримані у вечірній час доби, при цьому в послідовності спостерігається рівномірне освітлення [3].

На рисунку 2а відображаються вечірнє небо і міська вулиця з автомобілями і хмарочосами. При цьому спостерігаються як надмірно темні, так і яскраві області в оптичному діапазоні.

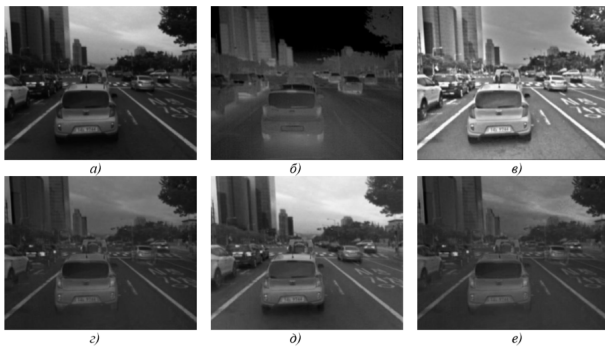


Рис. 2. а) вихідне RGB-зображення; б) вихідне інфрачервоне LWIR-зображення; в) модифікований алгоритм MSR; г) α -blend, $\alpha = 0,6$; д) пропонований алгоритм; е) пропонований алгоритм без інвертування інфрачервоних даних

Як можна помітити, пропонований алгоритм формує досить якісне зображення (рисунок 2д), на якому можна розрізнити деталі об'єктів, при цьому не спотворюються світла область (небо) і природні кольори сцени, як у випадку з застосуванням алгоритмів на основі технології Retinex. Алгоритм α -blend знижує середню яскравість зображення, але при цьому дозволяє краще розгледіти частину об'єктів сцени (дерева, фрагменти автомобілів). У разі застосування пропонованого алгоритму без інвертування інфрачервоних даних можна спостерігати ряд артефактів в області неба, це пов'язано з тим, що небо на LWIR-зображенні (рисунок 2б) має майже чорний колір.

На рисунку 3 показані приклади обробки нічної сцени, отриманої з набору KAIST set03 V000.seq.

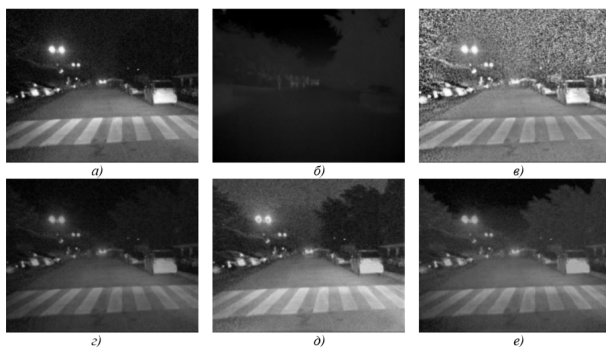


Рис. 3. а) вихідне RGB-зображення; б) вихідне інфрачервоне LWIR-зображення; в) модифікований алгоритм MSR; г) α -blend, $\alpha = 0,6$; д) пропонований алгоритм; е) пропонований алгоритм без інвертування інфрачервоних даних

В даній послідовності спостерігаються значна нерівномірність освітлення і наявність шумів. На зображенні в оптичному діапазоні видно дорогу з автомобілями, підсвічена фарами. Інфрачервоне зображення в основному темне, з невеликими яскравими плямами на місці йдуть попереду пішоходів і автомобіля по ходу руху.

На основі аналізу результатів обробки нічних сцен можна зробити висновок, що алгоритми на основі

технології Retinex не тільки роблять сцену більш світлою, але і підсилюють шум, що виникає в камерах при недостатньому рівні освітлення [4]. Зображення після обробки пропонованим алгоритмом має деякі шумові спотворення в області неба, але в цілому комфортне для сприйняття, до того ж тільки на ньому чітко видно дерева на узбіччі. Зображення після обробки пропонованим алгоритмом без інвертування не має видимих шумових артефактів, більш комфортне для сприйняття, але на ньому менш чітко видно дерева на узбіччі.

Результати алгоритмів попиксельного злиття на основі середньоарифметичного і максимального значень, а також α -blend показують найгірші результати з точки зору візуального сприйняття. Це пов'язано з дуже низькою інтенсивністю інфрачервоного LWIR-зображення.

Висновки

На підставі викладеного можна зробити наступні висновки. Інфрачервоні камери відносно недавно стали активно з'являтися на споживчому ринку. Тому виникла можливість задіяти їх переваги (нічна зйомка, незалежність від погодних умов, таких як туман і дим) поряд з перевагами камер, що працюють в візуальному спектрі.

Використання мультиспектральних зображень дозволяє скомбінувати переваги обох типів камер, зробити захоплення зображення частково незалежним від погодних умов і умов освітлення.

Представлений в даній роботі адаптивний алгоритм попиксельного злиття вхідних візуальних і інфрачервоних зображень продемонстрував свою спроможність. Алгоритм може працювати як з інфрачервоними знімками типу NIR, так і LWIR.

Певний в ході експериментального дослідження набір параметрів дозволяє отримувати якісний результат незалежно від типу інфрачервоного зображення. При обробці матеріалу, знятого в нічний час, вдалося отримати кращі результати в порівнянні з алгоритмами на основі технології Retinex і класичними алгоритмами злиття зображень.

Перелік використаних джерел

1. А.Г. Зотін, А.І. Пахірка, В.В. Буряченко. Система відеоспостереження з можливістю поліпшення візуальної якості відеопотоку // Програмні продукти і системи. — 2013. — С. 191–197.
2. A. Petro, C. Sbert, J.-M. Morel. Multiscale Retinex. Image Processing On Line. — 2014. — P. 71–88.
3. KAIST Multispectral Pedestrian Dataset. — 2018. — Access mode: <https://sites.google.com/site/pedestrianbenchmark/home>.
4. An Chao, Yu. Mei. Fast color image enhancement based on fuzzy multiple-scale Retinex. Strategic Technology. — 2011. — P. 1065–1069.